

⑤1

Int. Cl. 2:

**G 01 B X**

G 01 B 7/10

①9 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES PATENTAMT**



**DE 29 16 096 A 1**

⑪

# **Offenlegungsschrift 29 16 096**

⑫

Aktenzeichen: P 29 16 096.1

⑬

Anmeldetag: 20. 4. 79

⑭

Offenlegungstag: 31. 10. 79

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

21. 4. 78 V.St.v.Amerika 898831

⑤4

**Bezeichnung:**

Einrichtung zur Bestimmung der Abmessungen von Werkstücken  
mittels mehrerer Fühlersonden

⑦1

**Anmelder:**

The Valeron Corp., Detroit, Mich. (V.St.A.)

⑦4

**Vertreter:**

Schaumburg, K.-H., Dipl.-Ing.; Schulz-Dörlam, W., Dipl.-Ing.;  
Thoenes, D., Dipl.-Phys. Dr.; Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦2

**Erfinder:**

Juengel, Richard O., Romeo; Cook, Kenneth J., Troy; Mich. (V.St.A.)

**DE 29 16 096 A 1**

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Einrichtung zur Bestimmung verschiedener Abmessungen von Werkstücken mittels mehrerer jeweils ein analoges elektrisches Signal abgebender Fühlersonden, die mit einer digitalen Auswerteschaltung verbunden sind, gekennzeichnet durch eine die Fühlersonden (16 bis 30) mit einem Analog-Digital-Umsetzer (50) verbindende Schaltervorrichtung (38), durch eine von dem Analog-Digital-Umsetzer (50) gespeiste digitale Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung (52), die mit einem Steuereingang der Schaltervorrichtung (38) verbunden ist und diese automatisch so steuert, daß sie das analoge Ausgangssignal einer jeweiligen Fühlersonde (16 bis 30) auf den Analog-Digital-Umsetzer (50) gemäß einem in der Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung (52) gespeicherten Programm schaltet, und durch die Speicherung der von dem Analog-Digital-Umsetzer (50) abgegebenen digitalen Signale in vorbestimmten Speicherabschnitten der Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung (52) und die Verarbeitung dieser Signale zur Abgabe von Ausgangssignalen gemäß dem gespeicherten Programm.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fühlersonden (16 bis 30) mit einem Oszillator (12) verbunden sind, der sie mit einem elektrischen Anregungssignal speist.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen einen Eingang und einen Ausgang des Oszillators (12) ein Spitzendetektor (35) geschaltet ist, der eine Spitzenwertbegrenzung des Anregungssignals bewirkt.

4. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Fühler sonden (16 bis 30) zumindest zwei induktive Wandler vorrichtungen sind, die das von dem Oszillator (12) abgegebene Anregungssignal abhängig von ihrer Position relativ zu dem Werkstück modulieren, daß zur Demodulation des modulierten Anregungssignals ein Demodulator (46) vorgesehen ist, der ein Gleichstromsignal abgibt und durch die Schalter vorrichtung (38) wahlweise mit jeweils einer Fühler sonde (16 bis 30) verbunden wird, und daß der Analog-Digital-Umsetzer (50) mit dem Ausgang des Demodulators (46) verbunden ist.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Demodulator (46) einen Synchron detektor zur Feststellung der Modulationskomponenten des modulierten Anregungssignals enthält.
6. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß Vorrichtungen (160 bis 174) zur Erzeugung von Referenzsignalen aus den Ausgangssignalen der Fühler sonden (16 bis 30) für ein Musterwerkstück vorgesehen sind und daß die Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung (52) Vorrichtungen zur Speicherung der Referenzsignalen entsprechender digitaler Referenzsignale enthält, so daß die digitalen Referenzsignale mit von dem Analog-Digital-Umsetzer (50) abgegebenen digitalen Meßsignalen zur Eichung der Einrichtung nutzbar sind.
7. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Schalter vorrichtung (38) und dem Demodulator (46) ein Differenzverstärker (40) vorgesehen ist, dessen Verstärkung abhängig von der Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung (52) entsprechend von dieser erzeugten Steuersignalen einstellbar ist.

PATENTANWÄLTE  
**SCHAUMBURG, SCHULZ-DÖRLAM & THOENES** 2916096  
ZUGELASSENE VERTRETER VOR DEM EUROPÄISCHEN PATENTAMT

KARL-HEINZ SCHAUMBURG, DIPL.-ING.  
WOLFGANG SCHULZ-DÖRLAM, ING. DIPL.  
DR. DIETER THOENES, DIPL.-PHYS.

K 7006 SBrt

20. April 1979

THE VALERON CORPORATION  
20800 Coolidge Highway  
Oak Park, Michigan 48237 / USA

---

Einrichtung zur Bestimmung der Abmessungen von Werkstücken  
mittels mehrerer Fühlersonden

---

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei der Messung kompliziert geformter Teile oder bei mehreren unterschiedlichen Messungen eines Werkstücks werden allgemein mehrere elektrische Fühlersonden verwendet. Da die Auswerteschaltkreise für die Ausgangssignale der Sonden einen großen Kostenanteil eines Meßsystems ausmachen, ist es wünschenswert, für alle Fühlersonden eine gemeinsame Auswerteschaltung zu verwenden. Dies erfolgt normalerweise durch Wandler, die verschiedene Sondensignale additiv oder subtraktiv einander überlagern, um das gewünschte Meßergebnis zu erzielen. Solche Anordnungen führen jedoch zu einem relativ unflexiblen System, das für jeden Anwendungsfall eigens aufgebaut sein muß.

Ein vielseitigeres System ist durch die US-PS 3 805 036 bekannt. Hierbei werden mehrere elektrische Fühlersonden verwendet, die jeweils ein analoges elektrisches Signal mit variablem Signalpegel erzeugen, das der Position eines Punktes auf einem Werkstück relativ zu einer vorbestimmten Fühlersonde entspricht. Ein Analog-Digital-Umsetzer setzt diese analogen Meßsignale in digitale Signale um, und ein Rechenwerk berechnet wahlweise den Unterschied zwischen dem jeweiligen Meßsignal und einem gespeicherten Maximal- oder Minimalwert. Dieses System hat jedoch eine begrenzte Rechenkapazität, da bei ihm zuerst die Maximal- bzw. Minimalwerte gespeichert werden müssen, wonach dann das Meßsignal einer jeden Fühlersonde mit dem Maximal- bzw. Minimalwert verglichen wird. Es ist deshalb wünschenswert, mit einem System zu arbeiten, das nicht auf einen ganz bestimmten Rechengang abgestellt ist.

Die Aufgabe der Erfindung besteht deshalb darin, eine Einrichtung zur Bestimmung verschiedener Abmessungen von

Werkstücken anzugeben, die vielseitiger als die bekannten Einrichtungen eingesetzt werden kann und unabhängig von bestimmten vorgegebenen Rechenschritten arbeitet.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Eine Einrichtung nach der Erfindung arbeitet mit einer digitalen Auswerteschaltung in Verbindung mit einem Speicher. Diese Anordnung ermöglicht die Durchführung verschiedenster arithmetischer Funktionen abhängig vom Auftreten eines von der jeweiligen Fühlersonde verursachten digitalen Signals. Die Einrichtung arbeitet allgemein derart, daß sukzessiv die analogen Meßsignale der vorhandenen Fühlersonden abgelesen werden, jedes analoge Meßsignal in ein digitales Signal umgesetzt wird, jedes digitale Signal in einem Speicher gespeichert wird und nach Speicherung aller Signale eine digitale Signalverarbeitung erfolgt, die eine Addition, Subtraktion oder jede andere arithmetische Funktion mit den digitalen Signalen durchführt, um das gewünschte Meßergebnis zu erhalten. Dieses kann dann in üblicher Weise optisch dargestellt werden. Die gesamte Folge der vorstehend angegebenen Schritte läuft so schnell ab, daß sich insgesamt ein kontinuierlicher Auswertevorgang ergibt, denn die analogen Ausgangssignale der Fühlersonden werden laufend abgetastet, digitalisiert und gespeichert. Da alle arithmetischen Funktionen der Signale in digitaler Form durchgeführt werden, wird in den Rechenvorgang kein zusätzlicher Fehler eingeführt.

Durch die Erfindung ergibt sich eine größere Vielseitigkeit der Einsatzmöglichkeiten, so daß der Hersteller eine Standardeinrichtung entwickeln kann, die leicht den unterschiedlichsten Bedürfnissen der Benutzer angepaßt werden kann. In der

Einrichtung sind mehrere Fühler sonden vorgesehen, von denen einige abhängig vom jeweiligen Einsatzfall ggf. auch stillgelegt sein können. Die Fühler sonden werden zur Messung verschiedener Teile unterschiedlicher Werkstücke verwendet, was gleichfalls vom jeweiligen Einsatzzweck abhängt. Um diese sehr vorteilhafte Vielseitigkeit zu erreichen, können alle Fühler sonden mit einem ihnen jeweils fest zugeordneten Analogschalter verbunden sein. Eine digitale Auswerteschaltung führt die analogen elektrischen Signale der jeweils in Betrieb befindlichen Fühler sonden selektiv einem Digital-Analog-Umsetzer zu, und zwar abhängig von einem in dem Digital Speicher gespeicherten Programm. Die so erhaltenen digitalen Signale werden in vorbestimmte Abschnitte des Speichers eingespeichert. Sie werden dann durch die digitale Verarbeitungsschaltung zur Erzeugung von Ausgangssignalen ausgenutzt, die eine Funktion der gespeicherten digitalen Signale darstellen. Diese Signalverarbeitung erfolgt entsprechend dem gespeicherten Programm. Beispielsweise können die eine oberste und eine unterste Abmessung des Werkstücks angegebenden Signale in der Signalverarbeitungsschaltung einander subtraktiv überlagert werden, um ein die Höhe des Werkstücks angegebendes Signal zu erhalten. Die Arbeitsweise der Einrichtung kann so eingestellt werden, daß sie verschiedenen Arten ungleichmäßiger Werkstücke angepaßt ist. Hierzu muß lediglich das eingespeicherte Programm geändert werden, ohne daß mehrere völlig unterschiedliche Meßsysteme erforderlich sind.

Bei einer Einrichtung nach der Erfindung können auch mehrere Fühler sonden verwendet werden, die ein Trägerfrequenzsignal abhängig von der Position des Werkstücks relativ zur jeweiligen Sonde modulieren. Ein Demodulator, der vorzugsweise mit einer Phasenschieber- und Z rhackerschaltung

arbeitet, dient zur synchronen Auswertung der Teile des modulierten Trägerfrequenzsignals, die die Position des Werkstücks relativ zu der vorbestimmten Fühlersonde angeben.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm der elektrischen Schaltung einer Einrichtung nach der Erfindung und

Fig. 2a bis 2d die schaltungstechnische Ausführung der in Fig. 1 gezeigten Blockschaltung.

In Fig. 1 ist die Prinzipschaltung einer Einrichtung 10 zur Bestimmung der Abmessungen von Werkstücken dargestellt. Ein Oszillator 12 ist mit seinem Ausgang an einen Leistungsverstärker 14 angeschlossen. Der Ausgang des Leistungsverstärkers 14 ist mit dem Verbindungspunkt der Eingänge mehrerer verstellbarer induktiver Fühlersonden oder Wandler 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 und 30, einer Brückenzeigschaltung 32, einer Nullabgleichschaltung 34, einem Spitzendetektor 35 und einem Phasenschieber 36 verbunden. Jede Fühlersonde 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 und 30 ist mit einem ihr zugeordneten Eingang eines Analogschalters 38 verbunden, der unter gegenseitigem Ausschluß seiner Eingänge arbeitet (Exklusiv-Analogschalter).

In der folgenden Beschreibung wird der Begriff "Fühlersonde" und "Wandler" für ein und dasselbe Element verwendet.

Der Analogschalter 38 verbindet sequentiell jeweils einen seiner Eingänge mit seinem Ausgang, und das so erhaltene Ausgangssignal wird dem nicht invertierenden Eingang eines Differenzverstärkers und Verstärkungsreglers 40 zugeführt.



Die Ausgänge der Brückenweigschaltung 32 und der Nullabgleichschaltung 34 sind mit dem invertierenden Eingang des Differenzverstärkers 40 über einen Widerstand 42 bzw. einen Widerstand 44 verbunden.

Der Ausgang des Spitzendetektors 35 ist mit einem Eingang des Oszillators 12 verbunden. Der Ausgang des Phasenschiebers 36 ist mit einem Zerhacker 48 verbunden, der wiederum mit einem Demodulator 46 verbunden ist.

Der Demodulator 46 erhält das Ausgangssignal des Differenzverstärkers 40 und führt das demodulierte Signal auf einen Analog-Digital-Umsetzer 50. Das digitale Ausgangssignal dieses Umsetzers 50 wird einer digitalen Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 zugeführt. Ein Steuerausgang dieser Schaltung 52 triggert nacheinander den Analogschalter 38 und die Nullabgleichschaltung 34. Die Ausgangssignale der Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 werden einer Schnittstelle 54 zugeführt, deren Ausgangssignale verschiedene Steuer- und Anzeigefunktionen erfüllen.

Beim Betrieb der Einrichtung erzeugt der Oszillator 12 ein Signal mit einer Frequenz von 5 kHz, und dieses Signal wird im Leistungsverstärker 14 verstärkt und dann dem Eingang der induktiven Fühlersonden 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 und 30, der Brückenweigschaltung 42, der Nullabgleichschaltung 34, dem Spitzendetektor 35 und dem Phasenschieber 36 zugeführt. Der Analogschalter 38 wird sequentiell durch die digitale Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 getriggert, so daß das Ausgangssignal einer der Fühlersonden 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 oder 30 mit dem Schalterausgang verbunden wird. Der Differenzverstärker 40 verstärkt die Differenz des analogen Ausgangssignals der jeweils wirksam

geschalteten Fühleronde und der Summe der Ausgangssignale der Brückenweigschaltung 32 und der Nullabgleichschaltung 34. Die Nullabgleichschaltung 34 wird gleichfalls sequentiell gemeinsam mit dem Analogschalter 38 durch die digitale Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 getriggert.

Das verstärkte Differenzsignal wird im Demodulator 46 demoduliert und führt zu einem analogen Gleichstromsignal, dessen Amplitude und Polarität sich mit dem analogen Ausgangssignal der jeweils wirksam geschalteten Fühleronde ändert.

Das Ausgangssignal des Leistungsverstärkers 14 wird durch den Phasenschieber 36 verzögert und dann der Zerhackerschaltung 48 zugeführt. Diese arbeitet in Verbindung mit dem Demodulator 46 derart, daß eine synchrone Auswertung des Ausgangssignals des Differenzverstärkers 40 erfolgt.

Der Analog-Digital-Umsetzer 50 setzt das analoge Gleichstromsignal in eine achtstellige binäre Digitalzahl um, die von der digitalen Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 ausgewertet werden kann. Diese enthält ein Programm zur Verarbeitung der von jeder Fühleronde erhaltenen Daten und erzeugt daraus digitale Ausgangssignale, die der Schnittstelle 54 zugeführt werden. Diese liefert abhängig von den digitalen Signalen Steuersignale, die eine Anzeigevorrichtung ansteuern oder andere vorgegebene Funktionen auslösen können.

Schaltungstechnische Einzelheiten des in Fig. 1 gezeigten Prinzips sind in den Fig. 2a bis 2d dargestellt. Der Oszillator 12, der in Fig. 2a im einzelnen gezeigt ist, enthält einen integrierten Schaltkreis 102 in Verbindung mit Widerständen 104, 106 und 108, zwei Kondensatoren 110 und 112 und

einem Potentiometer 114. Diese Schaltung erzeugt eine elektrische Oszillatorschwingung.

Der Leistungsverstärker 14 arbeitet mit einem Filternetzwerk, bestehend aus Widerständen 115, 116, 118 und 120, zwei Kondensatoren 122 und 124 und einem Potentiometer 126. Dieses Netzwerk ist mit dem Eingang eines Operationsverstärkers 128 verbunden. Der Ausgang des Operationsverstärkers 128 ist mit dem Eingang einer ersten Darlington-Transistorschaltung 130 sowie über Dioden 132, 134 und 136 mit einer zweiten Darlington-Transistorschaltung 138 verbunden. Der Leistungsverstärker 14 enthält ferner Widerstände 140, 142, 144, 146 sowie Kondensatoren 148, 150 und 152.

Die Brückenzeischaltung 32, die in Fig. 2b gezeigt ist, enthält zwei Widerstände 154 und 156, die als Spannungsteiler geschaltet sind. Der Ausgang der Brückenzeischaltung 32 ist mit einem Eingang des Differenzverstärkers und Verstärkungsreglers 40 über einen Widerstand 42 verbunden.

Die Nullabgleichschaltung 34 enthält einen Exklusiv-Analogschalter 158, der mit jedem seiner Eingänge an eine Gruppe von Potentiometern 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172 und 174 angeschlossen ist. Der Ausgang des Analogschalters 158 ist über einen Widerstand 44 mit dem Verbindungspunkt des Widerstands 42 und eines Eingangs des Differenzverstärkers 40 verbunden.

Der Phasenschieber 36 enthält einen Differenzverstärker 163, dessen Eingang und Ausgang mit Widerständen 165, 172, 169 und 171 sowie mit Kondensatoren 173, 175, 176 und 178 und mit einem Potentiometer 180 beschaltet sind. Der Ausgang dieser Schaltung ist mit dem nicht invertierenden Eingang

eines Differenzverstärkers 182 verbunden. Der invertierende Eingang des Differenzverstärkers 182 ist mit Erdpotential verbunden. Der Ausgang des Differenzverstärkers 182 ist mit der Verbindung des invertierenden Eingangs des Differenzverstärkers 184 und eines Eingangs der Zerhackerschaltung 148 verbunden. Der nicht invertierende Eingang des Differenzverstärkers 184 ist mit Erdpotential verbunden, während sein Ausgang mit einem zweiten Eingang der Zerhackerschaltung 48 verbunden ist.

Die Zerhackerschaltung 48 enthält zwei in zwei Richtungen wirksame CMOS-Schalter 186 und 188. Der Ausgang eines jeden Schalters 186 und 188 ist innerhalb des Demodulators 46 mit jeweils einer Seite eines abgeglichenen Netzwerks verbunden.

Der Differenzverstärker und Verstärkungsregler 40 enthält zwei Differenzverstärkerschaltungen 190 und 192 sowie einen als integrierter Schaltkreis aufgebauten Exklusiv-Analogschalter 194. Die Verstärkerschaltung 190 ist mit zwei Widerständen 196 und 198, mit einem Potentiometer 200, mit dem Analogschalter 194 und mit einer Gruppe von Widerständen 202, 204, 206, 208, 210, 212, 214 und 216 verbunden. Die zweiten Anschlüsse dieser Widerstände sind mit separaten Eingängen des Analogschalters 194 verbunden. Ein Kondensator 218 ist zwischen Erdpotential und den Abgriff des Potentiometers 200 geschaltet. Die Differenzverstärkerschaltung 192 ist mit einer Gruppe von Widerständen 220, 222 und 224 und mit einem Kondensator 226 gemäß üblicher Gegenkopplungsschaltung verbunden.

Der Demodulator 46 enthält ein abgeglichenes Netzwerk aus einer Gruppe von Widerständen 228, 230, 232, 234, 236 und 238 sowie zwei Kondensatoren 240 und 242. Dieses Netzwerk ist zwischen die Eingänge eines Differenzverstärkers 243 und

den Kondensator 226 geschaltet. Ein Widerstand 244 und ein Kondensator 246 sind parallel zueinander an den invertierenden Eingang des Differenzverstärkers 242 sowie an dessen Ausgang angeschaltet. Der nicht invertierende Eingang des Differenzverstärkers 242 ist mit dem Widerstand 238 sowie mit einer Spannungsteilerschaltung verbunden, die aus mehreren Widerständen 250, 252 und 254 und einem Potentiometer 256 besteht. Das Potentiometer 256 ist an den positiven und negativen Anschluß einer Stromquelle angeschlossen.

Der Spitzendetektor 35, der in Fig. 2a gezeigt ist, enthält einen Differenzverstärker 258, dessen nicht invertierender Eingang mit dem Ausgang des Leistungsverstärkers 14 über einen Widerstand 260 verbunden ist. Der invertierende Eingang des Differenzverstärkers 258 ist über einen Widerstand 262 mit dem Verbindungspunkt einer Diode 264, eines Kondensators 266 und eines Widerstands 268 verbunden. Der andere Anschluß der Diode 264 ist mit dem Ausgang des Differenzverstärkers 258, der andere Anschluß des Kondensators 266 mit Erdpotential verbunden. Der Spitzendetektor 35 enthält ferner einen Differenzverstärker 270, dessen nicht invertierender Eingang mit dem Verbindungspunkt des Widerstands 268 und eines Widerstands 272 verbunden ist. Der invertierende Eingang des Differenzverstärkers 270 ist mit dem Verbindungspunkt zweier Widerstände 274 und 276 und eines Kondensators 278 verbunden. Ein Potentiometer 280 ist zwischen eine externe Stromquelle und Erdpotential geschaltet und mit seinem Abgriff an den anderen Anschluß des Widerstands 274 angeschlossen. Der Ausgang des Differenzverstärkers 270 ist mit dem Verbindungspunkt des Widerstands 276, des Kondensators 278 und eines Widerstands 282 verbunden. Der zweite Anschluß des Widerstands 282 ist mit dem Verbindungspunkt der Kathode einer Diode 284 und eines Eingangs des integrierten Schaltkreises 102 verbunden.

Die Anode der Diode 284 ist mit Erdpotential verbunden.

Der Analog-Digital-Umsetzer 50, dessen Einzelheiten in Fig. 2c gezeigt sind, enthält einen invertierenden Verstärker 286 zusammen mit zwei Widerständen 290 und 292 sowie einem Kondensator 294 zur Erzeugung eines oszillierenden elektrischen Signals, das dem Takteingang eines integrierten Analog-Digital-Leistungsumsetzers 296 zugeführt wird. Die digitalen Ausgänge der integrierten Schaltung 296 sind mit einem invertierenden Verstärker 300 und mit einer Pufferschaltung 302 für drei Signalzustände verbunden. Die Ausgänge der Pufferschaltung 302 sind mit der digitalen Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 verbunden. Zwei Widerstände 304 und 306 innerhalb des Analog-Digital-Umsetzers 50 sind mit der digitalen Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 verbunden.

In den in Fig. 2 gezeigten Schaltungen sind gegenseitige Verbindungen zwischen bestimmten Anschlüssen von Einzelelementen und Untergruppen der digitalen Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 sowie der Schnittstelle 54 nicht besonders dargestellt, sondern es sind Verbindungen mit verschiedenen Sammelleitungen gezeigt. Die genauen gegenseitigen Verbindungen können aufgrund der alphanumerischen Bezeichnungen an den Anschlüssen der Einzelelemente und Untergruppen bestimmt werden. Beispielsweise sind alle Anschlüsse von Einheiten, die mit Sammelleitungen verbunden und mit A1 bezeichnet sind, über diskrete Leitungen untereinander verbunden.

Die digitale Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 enthält eine Mikroprozessor- und Speichereinheit 308 mit frei wählbarem Zugriff, einen löschbaren und programmierbaren

Festwertspeicher 310, zwei Pufferschaltungen 312 und 314 für drei Signalzustände, einen Binär-Octal-Umsetzer 316 und eine Gruppe von NAND-Gliedern 318, 320, 322, 324, 326, 328 und 330.

Ein erster binär-dezimal-codierter Drehschalter 332 ist mit dem Eingang der Pufferschaltung 312 verbunden. Eine Gruppe von Widerständen 333, 334, 336, 338, 340 und 342 ist zwischen Erdpotential und den Eingang der Pufferschaltung 312 geschaltet. Ein zweiter binär-dezimal-codierter Drehschalter 344 ist mit zwei Eingängen an die Pufferschaltung 312 und mit seinen anderen beiden Eingängen an den Eingang der Pufferschaltung 314 angeschlossen. Zwei Widerstände 346 und 348 sind jeweils zwischen Erdpotential und die Verbindungspunkte des Schalters 344 und der Pufferschaltung 314 geschaltet. Eine Gruppe manuell betätigbarer Schalter 350 ist mit einer weiteren Gruppe von Eingängen der Pufferschaltung 314 verbunden. Die Eingänge sind mit Erdpotential über Widerstände 352, 354, 356 und 358 verbunden. Die Schalter ermöglichen eine manuelle Einstellung der Betriebsart der Einrichtung.

Ein Binär-Octal-Umsetzer 316 ist mit einem seiner Eingänge an das NAND-Glied 322 angeschlossen. Der Ausgang des NAND-Glieds 322 ist mit einem Eingang jeweils eines NAND-Gliedes 318 bzw. 320 verbunden. Der Ausgang des NAND-Glieds 318 ist mit den beiden Pufferschaltungen 312 und 314 verbunden. Der Ausgang des NAND-Glieds 320 ist mit der Pufferschaltung 314 verbunden. Der Binär-Octal-Umsetzer 316 ist ferner mit dem Eingang des NAND-Glieds 324 verbunden. Der Ausgang des NAND-Glieds 324 ist mit einem Eingang des NAND-Glieds 326 verbunden. Der Ausgang des NAND-Glieds 326 ist mit einer Pufferschaltung 302 für drei Signalzustände verbunden.

Der Eingang des NAND-Glieds 328 ist mit dem Binär-Octal-Umsetzer 316, der Ausgang des NAND-Glieds 328 mit einem Eingang des NAND-Glieds 330 verbunden. Der andere Eingang des NAND-Glieds 330 ist mit der Mikroprozessoreinheit 308 verbunden. Der Ausgang des NAND-Glieds 330 ist mit dem Festwertspeicher 310 verbunden.

Eine Gruppe von Widerständen 360, 362, 364 und 366 ist mit jeweils einem Anschluß gemeinsam an den positiven Pol einer externen Stromquelle angeschlossen. Der andere Anschluß eines jeden Widerstands ist mit jeweils einem Eingang der Mikroprozessoreinheit 308 verbunden. Ein Kondensator 368 ist zwischen Erdpotential und einen Hilfsspannungseingang der Mikroprozessoreinheit 308 geschaltet. Ein Quarz 372 ist an einen ihm zugeordneten Eingang der Mikroprozessoreinheit 308 angeschlossen. Ein Kondensator 370 ist zwischen Erdpotential und einen Anschluß des Quarzes 372 geschaltet. Der Quarz 372 arbeitet als zeitbestimmendes Element für die Mikroprozessoreinheit 308.

Die digitale Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 enthält ferner eine Rückstellschaltung. Diese enthält einen Rückstellschalter 374, mehrere Widerstände 376, 378 und 380, einen Kondensator 382 und zwei invertierende Verstärker 384 und 386 und dient dazu, die Mikroprozessoreinheit 308 nach einer Unterbrechung der Stromversorgung zurückzustellen. Der Ausgang des invertierenden Verstärkers 386 ist mit dem Rückstelleingang der Mikroprozessoreinheit 308 verbunden.

Die Schnittstelle 54, die in Fig. 2d gezeigt ist, enthält zwei integrierte Anpassungsschaltungen 388 und 390 sowie einen integrierten, binär ansteuerbaren Demultiplexer 392. Ein Widerstand 394 ist zwischen den positiven Pol einer Stromquelle und den Verbindungspunkt eines Eingangs der Anpassungsschaltung 390 und des Demultiplexers 392 geschaltet. Widerstände 396, 398,



400 und 402 sind mit jeweils einem Anschluß gemeinsam an den positiven Pol einer externen Stromquelle angeschlossen. Der jeweils andere Anschluß dieser Widerstände ist mit einem Eingang der Anpassungsschaltung 390 verbunden.

Eine Gruppe von Widerständen 403, 404, 406 und 408 sowie eine Gruppe von Kondensatoren 410, 412, 414, 416 und 418 ist jeweils auf einen gemeinsamen Schaltungspunkt geführt. Die zweiten Anschlüsse der Kondensatoren sind mit Erdpotential, die zweiten Anschlüsse der Widerstände mit separaten Eingängen der Anpassungsschaltung 388 verbunden.

Beim Betrieb der Einrichtung erzeugt der integrierte Schaltkreis 102 (Fig. 2a) ein elektrisches Schwingungssignal mit einer Grundfrequenz von 5 kHz. Die Frequenz dieses Signals kann durch das Potentiometer 114 geändert werden. Das Ausgangssignal des integrierten Schaltkreises 102 wird gefiltert, um harmonische Komponenten des Schwingungssignals auszusondern. Danach wird es im Verstärker 128 verstärkt und invertiert. Das Potentiometer 126 dient zur Einstellung der Form des Signals durch Änderung der Filterwirkung.

Die Darlington-Transistorschaltungen 130 und 138 arbeiten komplementär und verstärken das Ausgangssignal des Verstärkers 128. Das Ausgangssignal der Komplementärschaltung wird dem Spitzendetektor 35 zugeführt, um die Arbeitsweise des integrierten Schaltkreises 102 zu steuern.

Wie aus Fig. 2b hervorgeht, wird das Ausgangssignal des Leistungsverstärkers 14 den Nullabgleichspotentiometern 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172 und 174 sowie den induktiven Fühlersonden 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 und 30 zugeführt. Eine oder

mehrere Sonden werden zur Messung der Größen eines Werkstücks verwendet. Bei dem vorzugsweisen Ausführungsbeispiel der Erfindung stehen eine oder mehrere Fühler sonden in direktem Kontakt mit bestimmten Punkten des Werkstücks. Es ist jedoch auch möglich, Sonden oder Wandler zu verwenden, die ohne Berührung des Werkstücks arbeiten. Jede Sonde moduliert die Trägerfrequenz von 5 kHz proportional der Verlagerung des jeweils in ihr enthaltenen induktiven Elements. Der Exklusiv-Analogschalter 38 wird sukzessiv durch die digitale Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 über Leitungen getriggert, die zu einer Sammelleitung 211 gehören. Dabei wird nacheinander jede Fühler sonde mit dem nicht invertierenden Eingang des Differenzverstärkers 190 verbunden.

Um Wertschwankungen einer jeden induktiven Fühler sonde zu kompensieren, wählt der Exklusiv-Analogschalter 158 gleichzeitig eines der Nullabgleichspotentiometer 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172 und 174 aus, die jeweils einer bestimmten Fühler sonde entsprechen, und verbindet das durch das jeweilige Potentiometer erzeugte Nullabgleichssignal mit dem invertierenden Eingang des Differenzverstärkers 190. Die Brückenzeigschaltung 32 erzeugt in Verbindung mit jedem Potentiometer eine Spannung, die das gegen Null verschiedene Signal einer jeden induktiven Fühler sonde auf Null einstellt. Der Exklusiv-Analogschalter 158 wird synchron mit dem Exklusiv-Analogschalter 38 durch die digitale Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 gesteuert, so daß dadurch das jeweils richtige Nullabgleichspotentiometer angeschaltet wird.

Der Differenzverstärker 190 verstärkt die Differenz zwischen dem von einem Nullabgleichspotentiometer und der Brückenzeigschaltung 32 erzeugten Signal und dem von der jeweiligen induktiven Fühler sonde erzeugten Signal. Der Exklusiv-Analog-

schalter 194 wird durch die digitale Signalverarbeitungs- und Speicherschaltung 52 über Leitungen gesteuert, die zu einer Sammelleitung 211 gehören. Dadurch wird der jeweils geeignete Widerstand zur Einstellung der Verstärkung des Differenzverstärkers 190 ausgewählt. Das Ausgangssignal des Differenzverstärkers 190 wird durch den Pufferverstärker 192 invertiert und über einen Koppelkondensator 226 dem Eingang eines abgeglichenen Netzwerks innerhalb des Demodulators 46 zugeführt.

Um eine synchrone Auswertung des von den induktiven Fühlersonden erzeugten modulierten Signals zu ermöglichen, muß ein Zusatzsignal mit derselben Frequenz und Phase des auszuwertenden Trägerfrequenzsignals erzeugt werden. Der Phasenschieber 36 erzeugt dieses Zusatzsignal durch Verschiebung der Phase des am Ausgang des Leistungsverstärkers 14 auftretenden Signals.

Der Phasenschieber 36 arbeitet mit einem Differenzverstärker 163 mit variabler Gegenkopplung, um die Phase des Signals des Leistungsverstärkers 14 zu verschieben. Dadurch wird gewährleistet, daß die Phase des Zusatzsignals mit derjenigen des Signals am Ausgang des Differenzverstärkers 192 übereinstimmt. Das Potentiometer 180 wird entsprechend dem gewünschten Grad der Phasenverschiebung eingestellt.

Der Verstärker 182 verstärkt dann das Zusatzsignal und steuert den invertierenden Verstärker 184 und den Eingang des CMOS-Schalters 186 an. Das Ausgangssignal des invertierenden Verstärkers 184 steuert den Eingang des CMOS-Schalters 188 an.

Die CMOS-Schalter 186 und 188 arbeiten als Zerhacker und arbeiten in Verbindung mit dem Demodulator 46 zur synchronen Auswertung des modulierten Trägersignals. Da das demodulierte

Signal ein analoges Gleichstromsignal ist, erzeugt der Differenzverstärker 243 ein verstärktes Gleichstromsignal an seinem Ausgang. Das Potentiometer 256 dient zum Ausgleich des Offsets am Ausgang des Differenzverstärkers 243.

Um eine digitale Verarbeitung der Informationen zu ermöglichen, die von jeder induktiven Fühlersonde abgegeben werden, ist der Analog-Digital-Umsetzer 50 (Fig. 2c) vorgesehen, der das analoge Gleichstromsignal am Ausgang des Demodulators 46 in ein binäres achtstelliges Digitalsignal umsetzt. Der invertierende Verstärker 286 erzeugt ein elektrisches Schwingungssignal, das dem Takteingang des integrierten Schaltkreises 296 im Analog-Digital-Umsetzer zugeführt wird. Sechs der acht Ausgänge des integrierten Schaltkreises 296 sind mit einer Pufferschaltung 302 für drei Signalzustände verbunden. Das Ausgangssignal der Pufferschaltung 302 wird der Mikroprozessoreinheit 308 zugeführt, die es, gesteuert durch das gespeicherte Programm, an einem vorbestimmten Speicherabschnitt speichert.

Während des Betriebs der Einrichtung werden die Anzahl der jeweils verwendeten Fühlersonden sowie ihre spezielle Funktion in den Festwertspeicher 310 einprogrammiert. Änderungen der jeweiligen Anwendung des Meßsystems können in einfacher Weise durch Einstecken eines anders organisierten Festwertspeichers vorgenommen werden.

Die Verwendung einer Unterprogrammsteuerung zur digitalen Signalverarbeitung ermöglicht eine automatische Driftkorrektur für die mit mehreren Fühlersonden verbundene Meßschaltung. Beispielsweise besteht ein Verfahren zum Nullabgleich einer jeden induktiven Fühlersonde darin, ein Musterwerkstück in eine Meßvorrichtung einzusetzen und jede Fühlersonde mit

einem der Potentiometer 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172 und 174 (Fig. 2b) abzugleichen. Bei einer Meßschaltung mit mehreren Fühler sonden wird jedoch das Musterwerkstück in die Meßvorrichtung eingesetzt, und alle Fühler sonden werden sequentiell abgetastet und ihre Werte gespeichert. Da jedes Abtastergebnis einer Fühler sonde an einer anderen Speicherstelle gespeichert wird, können diese Werte digital von den Werten subtrahiert werden, die während des Nullabgleichs erhalten wurden. Hierzu dient der Mikroprozessor 110, und dabei werden jegliche durch Drift erzeugte Abweichungen von Null korrigiert. Die Subtraktionen werden durch ein Programm für den Mikroprozessor gesteuert, das an geeigneter Stelle im Speicher gespeichert ist. Diese Korrekturen werden im Speicher festgehalten, bis das Musterwerkstück erneut zur Überprüfung hinsichtlich Drifterscheinungen eingesetzt wird. Fällt eine Stromversorgung aus, so ermöglicht eine Notbatterie, die mit dem Hilfsspannungseingang der Mikroprozessoreinheit 308 verbunden ist, eine Beibehaltung des Speicherinhalts für mehrere Tage.

Die Mikroprozessoreinheit 308 kann so programmiert sein, daß sie mit den in ihrem Speicher vorhandenen Sondensignalen auch andere Operationen durchführen kann, beispielsweise eine Bestimmung des Unterschieds zwischen den Sondensignalen oder eine Berechnung des Abstands zwischen Punkten auf dem Werkstück abhängig von den Sondensignalen.

Um die am Ausgang der Mikroprozessoreinheit 308 auftretenden Informationen zu nutzen, sind in der Schnittstelle 54 (Fig. 2d) die Anpassungsschaltungen 388 und 390 vorgesehen. Der Ausgang der Anpassungsschaltung 390 ist mit einem binär adressierbaren Demultiplexer 392 verbunden. Das Ausgangssignal dieses Demultiplexers 392 dient zur Ansteuerung einer optischen Anzeigevorrichtung. Die Anpassungsschaltung 388 dient als Hilfschaltung und kann beispielsweise zur Begrenzung des Ausgangs-

signals sowie zur Ordnung der Steuerausgänge und verschiedener Steuereingänge benutzt werden.

Fällt eine Stromversorgung aus, so muß der Rückstellschalter 374 (Fig. 2c) betätigt werden, um die Mikroprozessoreinheit 308 rückzustellen. Wird der Rückstellschalter 374 betätigt, so ändert ein Impuls den Zustand eines jeden invertierenden Verstärkers 384 und 386. Das Ausgangssignal des invertierenden Verstärkers 386 triggert den Rückstelleingang der Mikroprozessoreinheit 308.

In dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung sind acht Fühlersonden vorgesehen. Das System kann jedoch auch sehr leicht für jede andere Zahl von Fühlersonden eingerichtet werden.

Die im folgenden angegebenen Werte der Einzelelemente gelten für ein vorzugsweises Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die integrierten Schaltkreise sind handelsüblich und können von einschlägigen Firmen bezogen werden.

Schaltelemente

Bezugszeichen	Typ	Wert oder Bezeichnung
38	Integrierter Schaltkreis	CD 4051
42	Widerstand	1 kOhm
44	Widerstand	50 kOhm
102	Integrierter Schaltkreis	XR 2206
104	Widerstand	180 Ohm
106	Widerstand	100 kOhm
108	Widerstand	11 kOhm
110	Kondensator	.015 $\mu$ F
112	Kondensator	1,0 $\mu$ F
114	Potentiometer	5 kOhm
115	Widerstand	3,24 kOhm
116	Widerstand	220 Ohm
118	Widerstand	6,49 kOhm
120	Widerstand	6,49 kOhm
122	Kondensator	.015 $\mu$ F
124	Kondensator	.015 $\mu$ F
126	Potentiometer	1 kOhm
128, 168	Integrierter Schaltkreis	4558
130	Darlington-Transistoren	MPS-U45
132	Diode	IN914
134	Diode	IN914
136	Diode	IN914
138	Darlington-Transistoren	MPS-U95
140	Widerstand	10 kOhm
142	Widerstand	2,2 Ohm 0,5 W
144	Widerstand	2,2 Ohm 0,5 W
146	Widerstand	10 Ohm
148	Kondensator	10 $\mu$ F
150	Kondensator	10 $\mu$ F

Bezugszeichen	Typ	Wert oder Bezeichnung
152	Kondensator	0,1 $\mu$ F
154	Widerstand	511 Ohm
156	Widerstand	511 Ohm
158	Integrierter Schaltkreis	CD 4051
160	Potentiometer	20 kOhm
161	Potentiometer	20 kOhm
162	Potentiometer	20 kOhm
163	Potentiometer	20 kOhm
164	Potentiometer	20 kOhm
165	Potentiometer	20 kOhm
166	Potentiometer	20 kOhm
167	Potentiometer	20 kOhm
169	Widerstand	3,16 kOhm
170	Widerstand	3,16 kOhm
171	Widerstand	3,16 kOhm
172	Widerstand	4,70 kOhm
173	Kondensator	0,01 $\mu$ F
174	Kondensator	0,01 $\mu$ F
176	Kondensator	0,01 $\mu$ F
178	Kondensator	0,1 $\mu$ F
180	Potentiometer	100 kOhm
182, 184	Integrierter Schaltkreis	TL 082
186, 188	Integrierter Schaltkreis	4066
190	Integrierter Schaltkreis	3660
192	Integrierter Schaltkreis	TL 082
194	Integrierter Schaltkreis	CD 4051
196	Widerstand	49,9 kOhm
198	Widerstand	49,9 kOhm
200	Potentiometer	1 MOhm
202	Widerstand	20,0 kOhm
204	Widerstand	10,0 kOhm



Bezugszeichen	Typ	Wert oder Bezeichnung
206	Widerstand	4,00 kOhm
208	Widerstand	2,00 kOhm
210	Widerstand	25,0 kOhm
212	Widerstand	10,2 kOhm
214	Widerstand	5,10 kOhm
216	Widerstand	2,50 kOhm
218	Kondensator	0,001 $\mu$ F
220	Widerstand	5 kOhm
222	Widerstand	25 kOhm
224	Widerstand	5 kOhm
226	Kondensator	0,1 $\mu$ F
228	Widerstand	2,5 kOhm
320	Widerstand	20 kOhm
232	Widerstand	25 kOhm
234	Widerstand	2,5 kOhm
336	Widerstand	20 kOhm
238	Widerstand	25 kOhm
240	Kondensator	0,1 $\mu$ F
242	Kondensator	0,1 $\mu$ F
243	Integrierter Schaltkreis	LM 308
244	Widerstand	100 kOhm
246	Kondensator	0,001 $\mu$ F
248	Kondensator	100 pF
250	Widerstand	100 kOhm
252	Widerstand	1 kOhm
256	Widerstand	100 kOhm
258	Integrierter Schaltkreis	LM 301
260	Widerstand	4,7 kOhm
262	Widerstand	4,7 kOhm
264	Diode	IN914
266	Kondensator	10 $\mu$ F

B zugszeichen	Typ	Wert oder Bezeichnung
268	Widerstand	10 kOhm
270	Integrierter Schaltkreis	LM 308
272	Widerstand	10 kOhm
274	Widerstand	10 kOhm
276	Widerstand	10 kOhm
278	Kondensator	0,22 $\mu$ F
280	Potentiometer	50 kOhm
282	Widerstand	10 kOhm
284	Diode	IN914
286	Integrierter Schaltkreis	4584
290	Widerstand	100 kOhm
292	Widerstand	10 kOhm
294	Kondensator	120 pF
296	Integrierter Schaltkreis	MM 5357
298	Diode	IN914
300	Integrierter Schaltkreis	4584
302	Integrierter Schaltkreis	4503
304	Widerstand	10 kOhm
306	Widerstand	10 kOhm
308	Integrierter Schaltkreis	MC6802
310	Integrierter Schaltkreis	2708
312	Integrierter Schaltkreis	4503
314	Integrierter Schaltkreis	4503
316	Integrierter Schaltkreis	74LS138
318	Integrierter Schaltkreis	74LS00
320	Integrierter Schaltkreis	74LS00
322	Integrierter Schaltkreis	74LS00
324	Integrierter Schaltkreis	74LS00
326	Integrierter Schaltkreis	74LS00
328	Integrierter Schaltkreis	74LS00
330	Integrierter Schaltkreis	74LS00

Bezugszeichen	Typ	Wert oder Bezeichnung
332	Drehschalter	6020
333	Widerstand	10 kOhm
334	Widerstand	10 kOhm
336	Widerstand	10 kOhm
338	Widerstand	10 kOhm
340	Widerstand	10 kOhm
342	Widerstand	10 kOhm
344	Drehschalter	6060
346	Widerstand	10 kOhm
348	Widerstand	10 kOhm
350	Vierfachscharter	6040
352	Widerstand	10 kOhm
354	Widerstand	10 kOhm
356	Widerstand	10 kOhm
358	Widerstand	10 kOhm
360	Widerstand	4,7 kOhm
362	Widerstand	4,7 kOhm
364	Widerstand	4,7 kOhm
366	Widerstand	4,7 kOhm
368	Kondensator	0,1 $\mu$ F
370	Kondensator	22 pF
372	Quarz	3,58 MHz
374	Rückstellschalter	
376	Widerstand	470 Ohm
378	Widerstand	100 kOhm
380	Widerstand	1 kOhm
382	Kondensator	5 $\mu$ F
384, 386	Integrierter Schaltkreis	4584
388	Integrierter Schaltkreis	MC6820
390	Integrierter Schaltkreis	MC6820
392	Integrierter Schaltkreis	4051

Bezugszeichen	Typ	Wert oder Bezeichnung
394	Widerstand	10 kOhm
396	Widerstand	10 kOhm
398	Widerstand	10 kOhm
400	Widerstand	10 kOhm
402	Widerstand	10 kOhm
403	Widerstand	10 kOhm
404	Widerstand	10 kOhm
406	Widerstand	10 kOhm
408	Widerstand	10 kOhm
410	Kondensator	0,1 $\mu$ F
412	Kondensator	0,1 $\mu$ F
414	Kondensator	0,1 $\mu$ F
416	Kondensator	0,1 $\mu$ F
418	Kondensator	0,1 $\mu$ F
420	Kondensator	15 $\mu$ F

Die Erfindung wurde vorstehend anhand eines speziellen Ausführungsbeispiels mit bestimmten Bemessungen der Einzel-elemente beschrieben. Es sind jedoch zahlreiche Abänderungen und Zusätze möglich, die von dem erläuterten Ausführungsbeispiel abweichen. Deshalb können alle vorstehend beschriebenen Merkmale der Erfindung einzeln oder in beliebiger Zusammenfassung erfindungswesentlich sein.

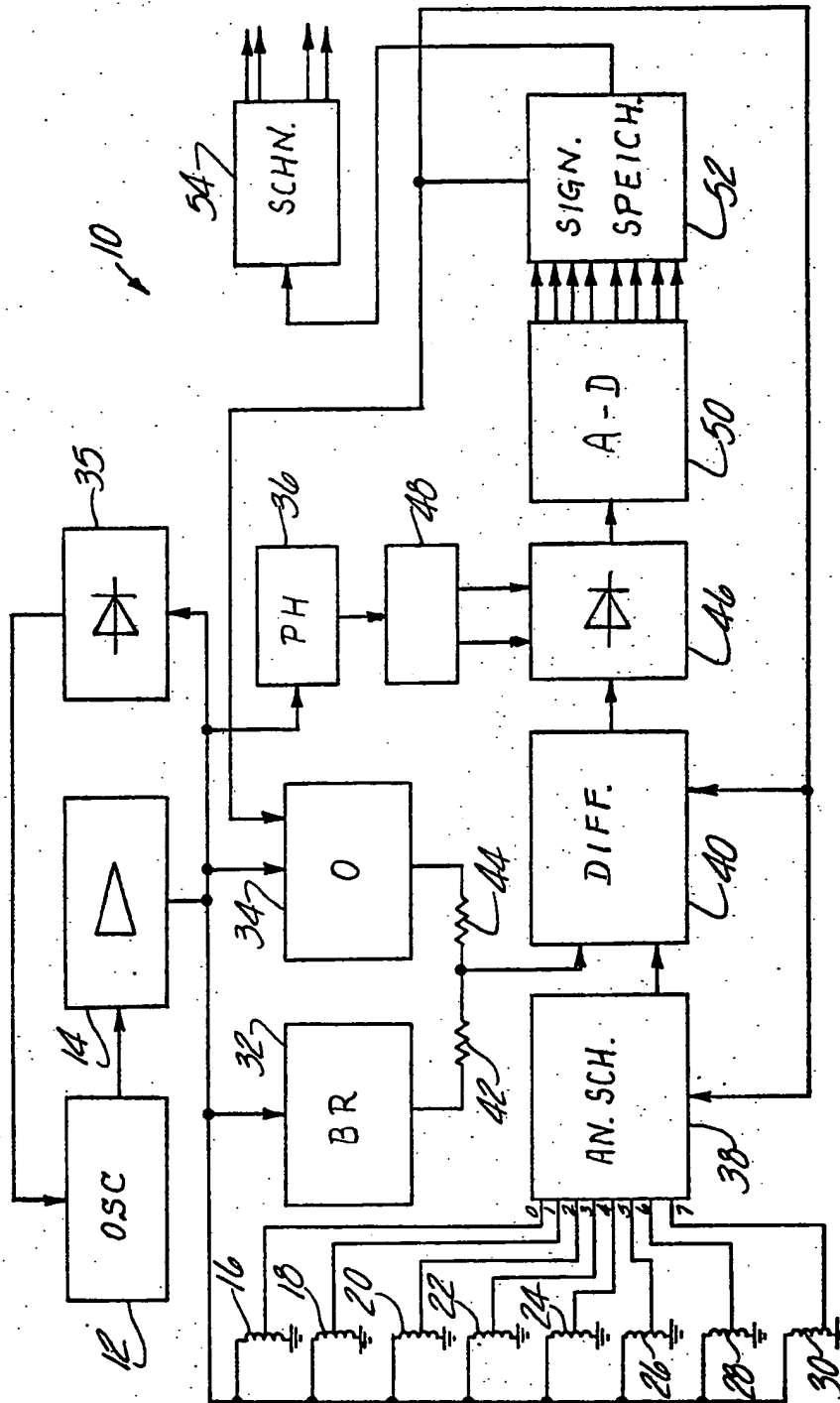
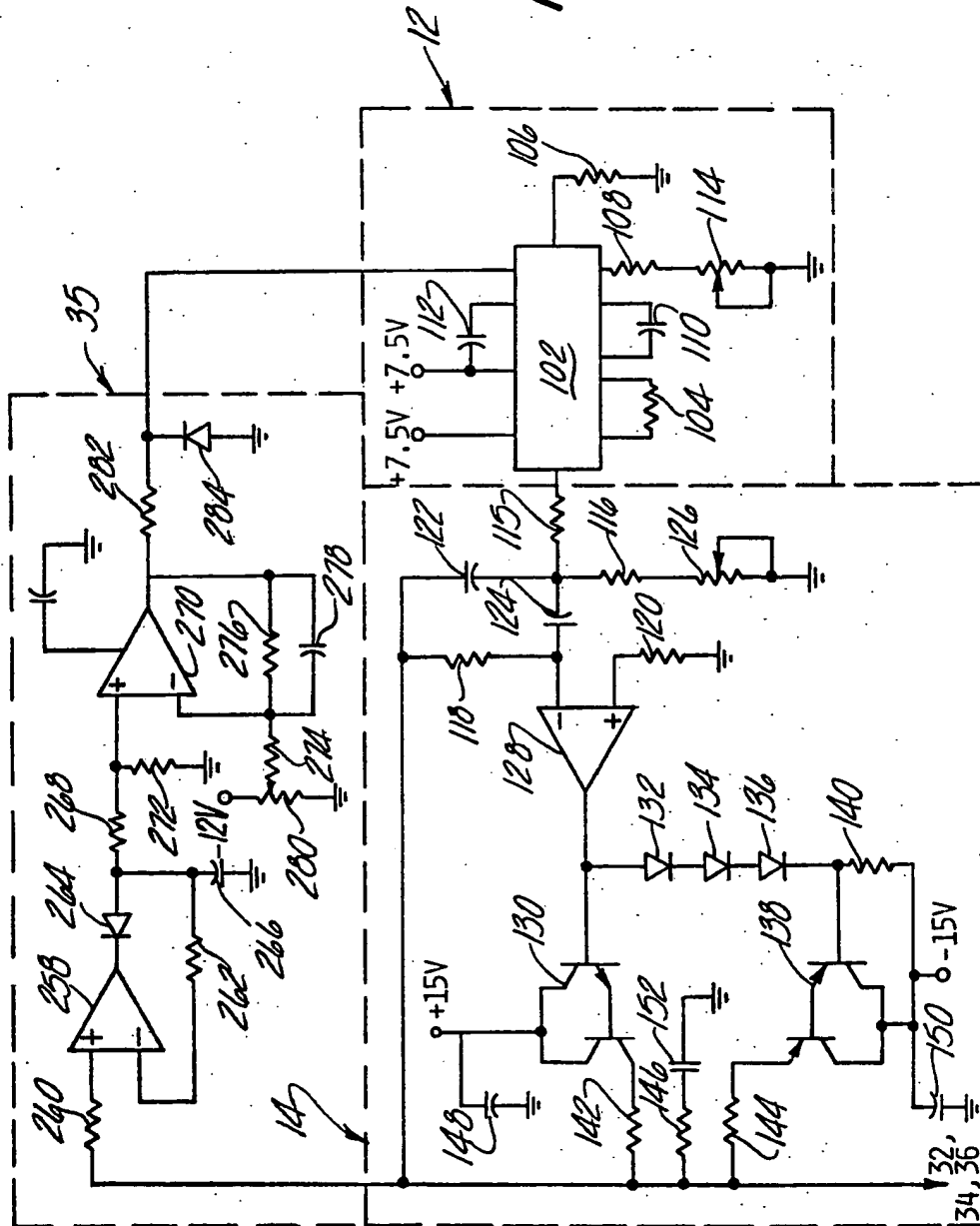
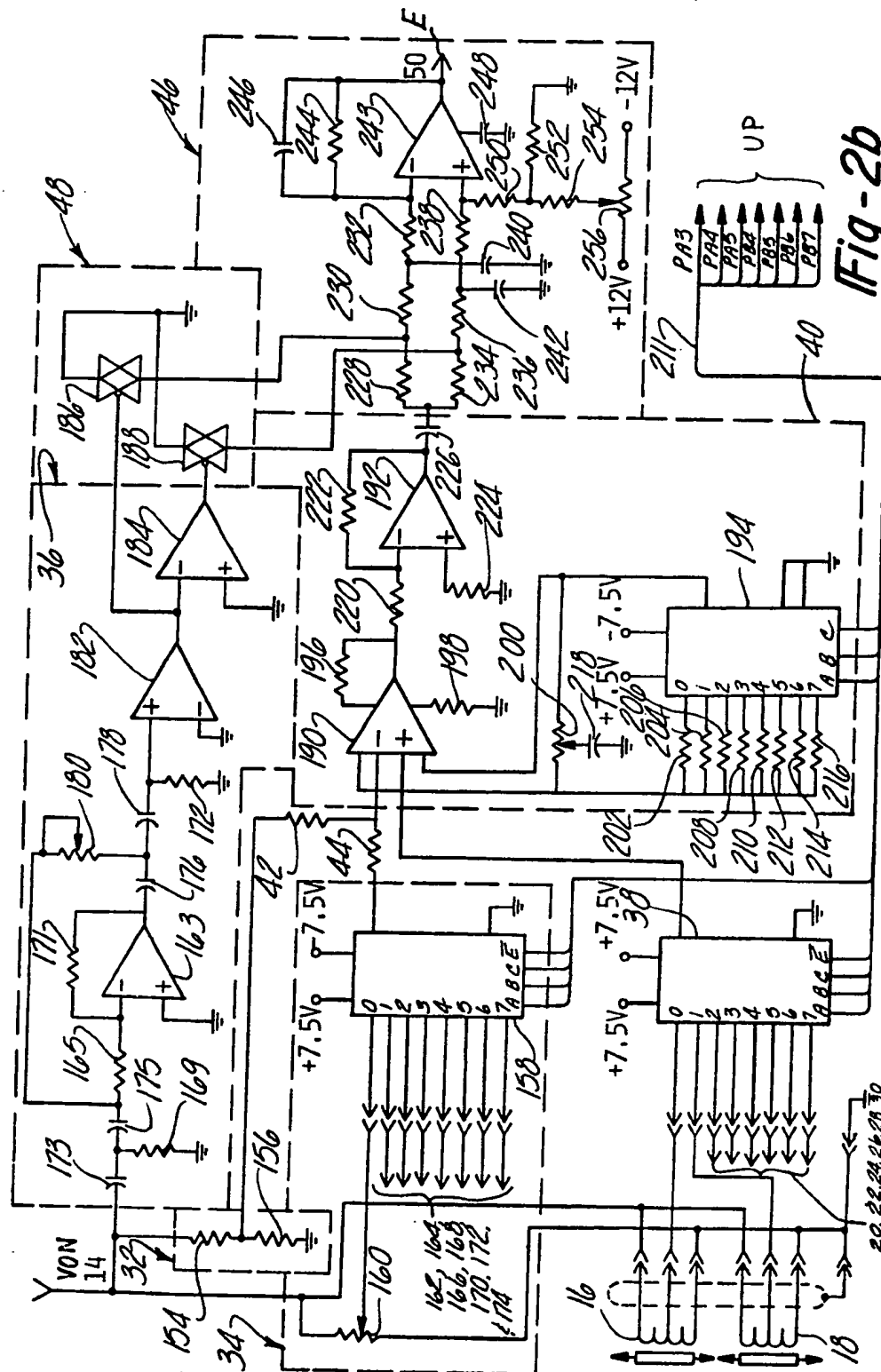


Fig-1

Fig-2a





THE VALERON CORPORATION



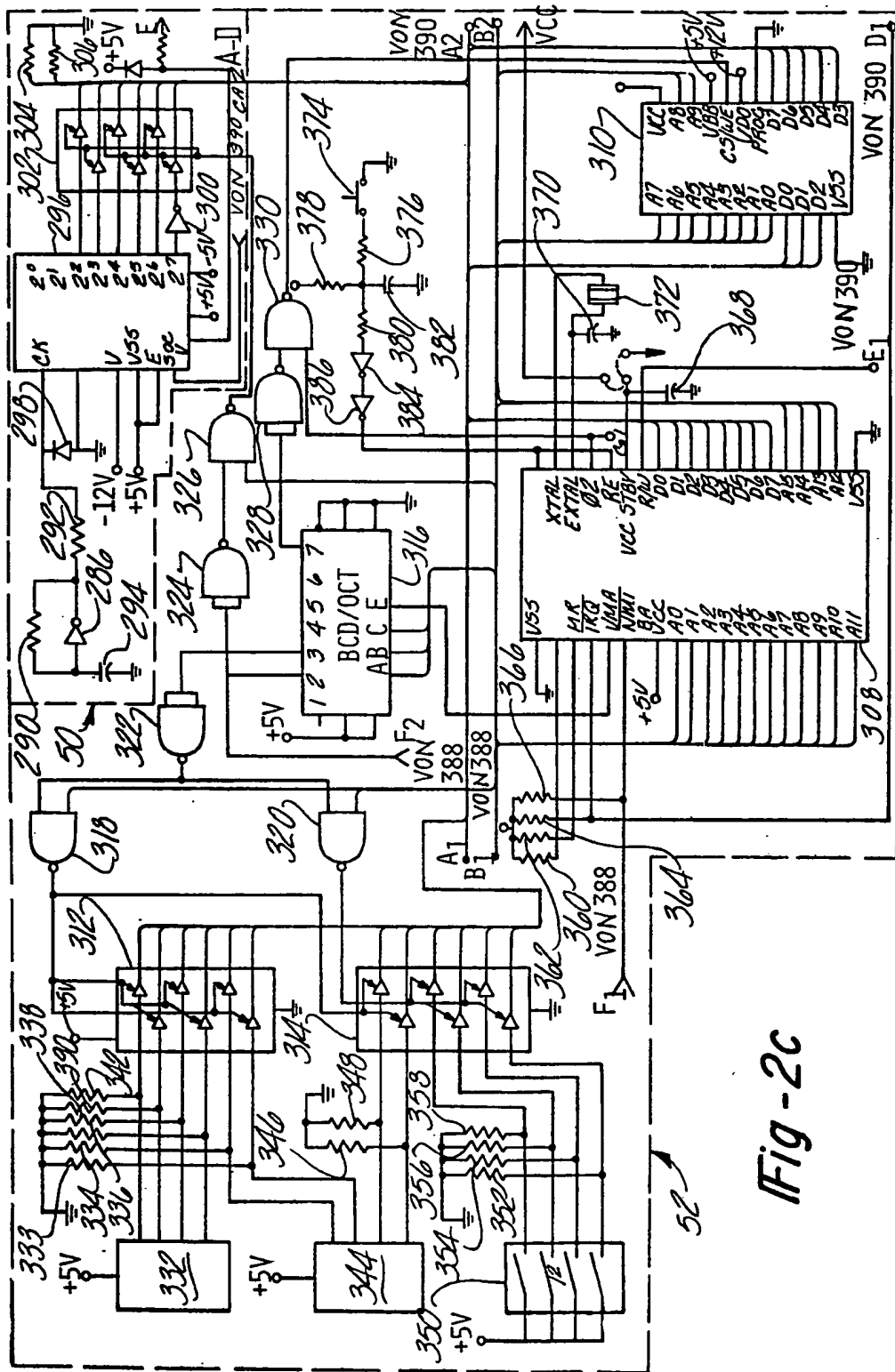
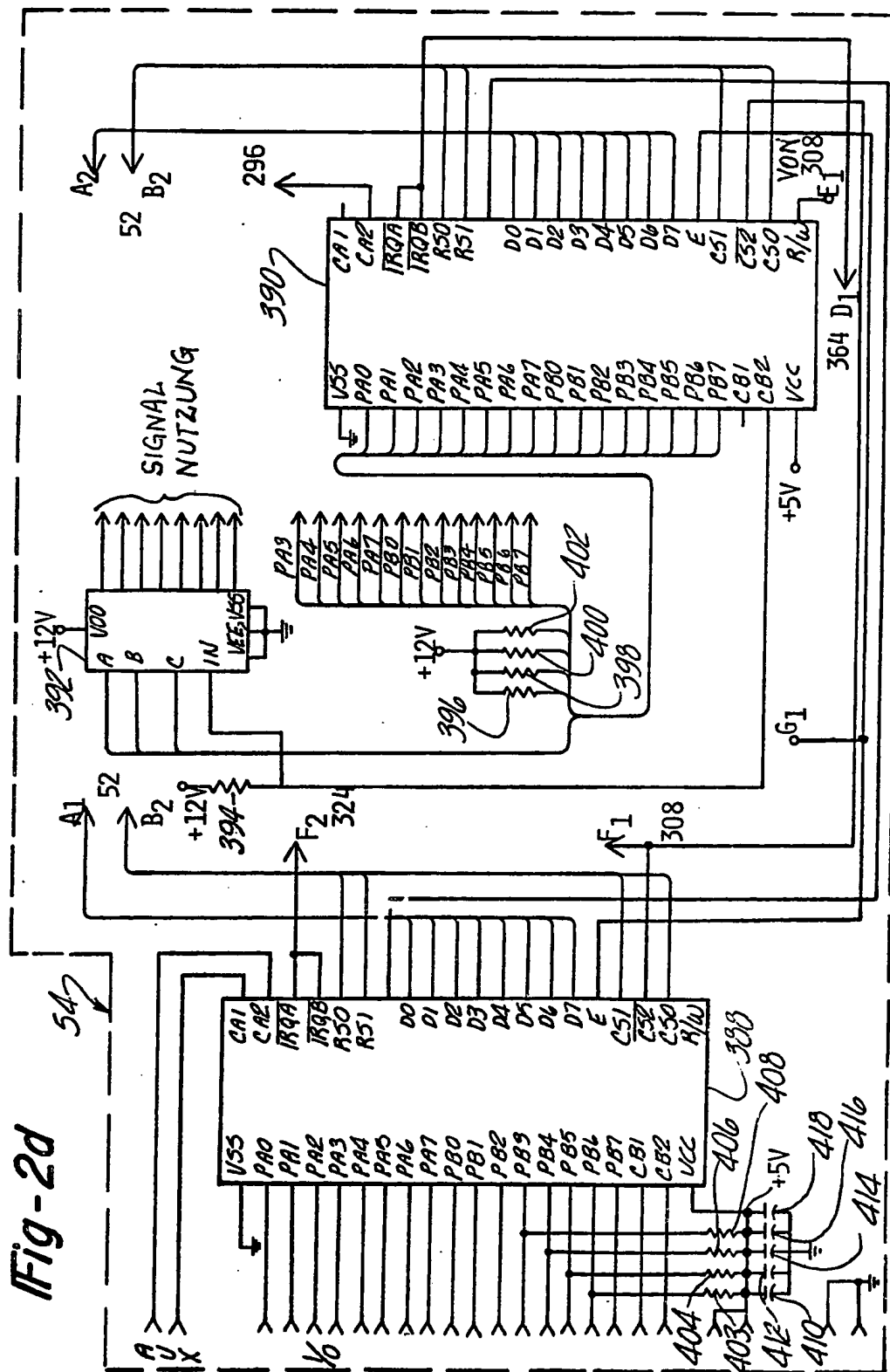


Fig-2c



**THE VALERON CORPORATION**